

⑫ 特 許 公 報 (B 2)

平5-26132

⑬ Int. Cl.¹

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公告 平成5年(1993)4月15日

G 01 L 9/12

9009-2F

発明の数 1 (全10頁)

⑮ 発明の名称 容量性圧力トランスデューサ

審判 平3-22232

⑯ 特 願 昭57-46158

⑰ 公 開 昭57-169645

⑱ 出 願 昭57(1982)3月23日

⑲ 昭57(1982)10月19日

優先権主張 ⑳ 1981年3月25日㉑ 米国(US)㉒ 247482

⑳ 発 明 者 デイビッド・ヘンリ

アメリカ合衆国46619インディアナ州サウス・ベンド・ヒ

ー・オーネソー

ユーロン・サークル4463

㉑ 発 明 者 フランク・ジョセフ・

アメリカ合衆国46614インディアナ州サウス・ベンド・オ

アントナジー

チャード・ハイツ19070

㉒ 出 願 人 ザ・ベンディックス・

アメリカ合衆国 ミシガン州・サウスフィールド・ベンデ

ューボレーション

イックス センター・(番地なし)

㉓ 代 理 人 弁理士 山川 政樹 外1名

審判の合議体 審判長 宮本 昭男 審判官 岩崎 孝治 審判官 大元 修二

㉔ 参考文献 特開 昭53-29174(JP, A) 特開 昭50-99384(JP, A)

1

2

⑮ 特許請求の範囲

1 第1の絶縁基板88と、この第1の基板から間隔をおいて隔てられた第2の絶縁基板86とを含み、それらの基板88、86の少なくとも一方は可撓性であつて、圧力変化に応じて変形するものであり、前記第1の絶縁基板88の表面には電気的導電性を有する物質で形成された第1、第2、第3及び第4の4枚の信号板を形成させ、前記第2の絶縁基板86の表面には電気的導電性を有する物質で形成された第5の板94を設けた容量性圧力トランスデューサであつて;

第1、第2、第3及び第4コンデンサCs、Csf、Cr、Crfが一方の基板の前記第1、第2、第3、第4のそれぞれの信号板と他方の基板の前記トランスデューサの共通電極として働く第5の板94との間に形成されるように、前記間隔が双方の絶縁基板表面の間に設けられ、

前記第1のコンデンサCsが圧力にตอบสนองした前記可撓性の基板の動きに比例してその容量が所定の割合で変化し、かつ第2のコンデンサCsfが圧力にตอบสนองした前記可撓性の基板の動きに比例してその容量が前記第1のコンデンサの変化より小

い割合で変化する一方、前記第3のコンデンサCrと第4のコンデンサCrfとが圧力変化に比較的応答しないものであり、

さらに前記トランスデューサは、前記第5の板94を出力端子72に電気的に接続する手段と、前記第1、第2、第3、第4の信号板を複数の入力端子46、50、52、54にそれぞれ接続する手段とを有し、

交流励振信号が前記入力端子46、50、52、54に加えられたとき、前記出力端子72の出力信号が前記入力した信号の第1、第2、第3及び第4コンデンサCs、Csf、Cr、Crfの容量変化によつて変調された信号の代数和であることを特徴とする容量性トランスデューサ。

2 前記第1と第2の基板88、86の少なくとも一方が石英であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の容量性トランスデューサ。

3 前記第1と第2の基板88、86の間の間隙は封じられ、所定の圧力に保たれることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の容量性トランスデューサ。

4 前記第1及び第2のコンデンサCs、Csfの一

部をそれぞれ構成する前記第1及び第2の信号板が前記可撓性の基板のたわみ易い領域に形成されたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の容量性トランスデューサ。

5 前記第3及び第4のコンデンサCr、Crfの一部をそれぞれ構成する前記第3及び第4の信号板が前記可撓性の基板の比較的たわみにくい領域に形成されたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の容量性トランスデューサ。

6 前記第1及び第2の基板88、86が、ディスク形の互いに向き合う円形面を有し、前記第1及び第2信号板が第1基板88の中心領域に設けられたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の容量性トランスデューサ。

7 前記第3及び第4の信号板が第1の基板88のディスク形の周囲にリング状に形成されたことを特徴とする特許請求の範囲第5項又は第6項記載の容量性トランスデューサ。

8 前記第1の基板の表面に配置され、第1、第2、第3及び第4の信号板をそれぞれ分離する内部導電接地シールド57、104を有し、これを電気的に接地することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の容量性トランスデューサ。

発明の詳細な説明

本発明は第1の絶縁基板と、この第1の絶縁基板から間隔をおいて隔てられた第2の絶縁基板とを含み、それらの基板上には導電領域が設けられ、それらの基板の少なくとも一方は可撓性であつて、圧力変化に応じて変形するようになっている容量性圧力トランスデューサに関するものである。

未知圧力を簡便に測定するために水晶圧力トランスデューサが従来知られている。そのようなトランスデューサは、水晶のようなガラス管材料で作られた少なくとも1つの可撓性ダイアフラムを含み、そのダイアフラムの表面にコンデンサの極板が付着された構造のものが一般的である。第1のコンデンサ極板には、静止水晶ベースまたは別の水晶ダイアフラム上に配置された第2のコンデンサ極板がある間隔をおいて向き合つて配置される。通常は、それらの部材は輪状のスペーサにより隔てられ、それらの部材と輪状スペーサにより囲まれたチャンバの中は排気される。可撓性ダイアフラムには圧力差が加えられる。その圧力差に

より、その圧力差に比例する機械的な偏向が生ずる。ダイアフラムが偏向すると、間隙の大きさがその偏向に比例して変化し、したがつて2枚の極板の間の容量が変化する。したがつて、トランスデューサの容量値は圧力の変化に比例して変化するから、圧力の変化を示すことになる。

コンデンサが搬送波周波数により励振されると、容量が変化した時にその搬送波周波数が変調されて、励振のある電気的特性が変化する。励振のひき起された変化を電気回路で処理することにより、被測定圧を表す電気信号が得られる。容量性トランスデューサと電気的処理の組合わせにより、圧力測定を容易に行なえる技術が得られる。

それらのトランスデューサの固有の感度は圧力変化に対する容量変化の大きさに関係する。水晶のたわみの機械的なヒステリシスが極めて小さいから、ダイアフラムの材料としては水晶が好適である。水晶により示されるヒステリシスの大きさは、最上の鋼鉄のヒステリシスの大きさの少なくとも2分の1である。したがつて、ダイアフラムの偏向のヒステリシスが小さいために、トランスデューサの圧力測定を時間の経過とともに変化すること無く正確に行なうことができる。水晶ダイアフラムのこの偏向特性に、水晶が温度によりほとんど影響を受けないという特性が組合わされて、このトランスデューサの測定の信頼度が向上する。感度が高く、温度に対して安定なことに加えて、水晶ダイアフラムによりそれらのトランスデューサは機械的に頑丈で、汚染に対する抵抗性が強い。

水晶容量性圧力トランスデューサの二重構造を用いる特に有用な絶対圧測定装置の一例が本願出願人による特許願昭和56年第80715号(特開昭57-20634号)に開示されている。

35 上記の特許出願には、閉ループ装置を含んでデジタル出力を生ずる非常に正確な圧力測定装置が開示されている。この装置は第1の水晶容量性検出トランスデューサの中に含まれる感圧コンデンサと基準コンデンサを備えている。それらの感圧コンデンサと基準コンデンサは位相が互いに180度異なる正弦波信号により励振される。カプセルの出力端子が加算点に接続されて、被測定圧の変化に比例する検出信号を生ずる。加算点の出力は、負帰還ループ内で加算点の別の入力端子に接

5

続されている第2の水晶容量性帰還トランスデューサを励振するために使用される。この帰還トランスデューサも、帰還信号により互いに逆相で励振される感圧コンデンサと基準コンデンサを含む。帰還トランスデューサの出力電流は検出信号を零または平衡させるために用いられるから、加算点の出力が零の時に検出された圧力を表す。

また、この装置のループは、加算点の出力を零にするために必要である帰還信号の個別増分の数を直接に測定するためのデジタル積分器またはカウンタを含む。そのために、カウンタのデジタル出力は希望の圧力測定値に正比例させられる。

定常状態においては、システムのループは無限大の利得を有するものと考えることができるから、システムの伝達関数は、検出トランスデューサ容量の差と、帰還トランスデューサの容量の差との比に最大デジタルカウントを乗じたものにほぼ等しい。この比は、圧力の変化が検出トランスデューサと帰還トランスデューサに含まれている感圧コンデンサの容量を変化させた時に、変化する。それらの値が分子と分母の双方で変化する態様により、測定装置の圧力P対デジタル数N特性が決定される。

前記特許出願においては、高い圧力値におけるよりも低い圧力値においてより多くのデジタル・カウントを圧縮することにより、装置の有利な出力関数を得ることができることが示されている。有利なことに、これは、全圧力範囲にわたって同じ精度を得るためにより少ないビット数のデジタル語を使用することを意味する。これは前記特許出願の1つの実施例においては、圧力に対して帰還電流の可変増分を与えるために帰還トランスデューサを利用することにより行なわれている。低い圧力ではより小さな増分が用いられ、高い圧力ではより大きな増分が用いられ、それにより圧力指示目盛の低い方で精度を高くしている。

しかし、この装置で正しい圧力対デジタル数出力を得るためには各感圧コンデンサと各基準コンデンサの容量が互いに正しい関係で変化するように、2個の水晶トランスデューサを選択せねばならない。理想的には、トランスデューサの勾配は同一でなければならない。100対1の圧力範囲で1%の精度を得るためには、2個のトランスデューサの極板の間隔の差を極めて良く一致させねば

6

ならない。更に、ダイアフラムすなわち導電板の厚さと、ダイアフラムの中心から測定したスペーサの位置は正しく変化させねばならない。その理由は、それらの全ての変量がトランスデューサの圧力対容量カーブの勾配を変化させるからである。全ての変量は製作中にトランスデューサごとに変化することがある製作変量であるから、希望の精度に対して必要な許容誤差範囲内でそれらの変量を維持することが極めて困難だからである。

したがって、本発明が行なわれるまでは、装置の必要な精度を得るために用いられる方法は、妥当な製作規格に従ってトランスデューサを製作し、その後でそれらのトランスデューサの実際の圧力対容量特性によりそれぞれのトランスデューサを分類することであつた。個々のトランスデューサの特性を記録したら、特性が互いに十分に一致する2個のトランスデューサを対にする一致過程を開始する。

この方法は必要以上に時間がかかり、比較的経費がかかる。更に、全てのトランスデューサが製作許容誤差範囲内に入っているが、対として組合わせられるほど特性の一致するトランスデューサの数が少ないからである。

また、前記特許出願に開示されている測定装置においては、4個のコンデンサの交流出力信号を加え合わせることが必要である。これは個々のトランスデューサからのリード線のある回路点で互いにはんだづけすることにより行なわれている。トランスデューサの外部で信号をこのように組合わせることによりノイズが多くなり、かつ妨害を受けやすくなる。したがって、それらの問題を軽減するように装置の交流信号を内部でトランスデューサに組合わせることが極めて望ましい。

本発明によれば、水晶基板の一方の表面に少なくとも1つの共通導電板が配置され、他方の水晶基板の表面に配置された多数の信号板が前記共通導電板とともにコンデンサを構成することを特徴とする水晶容量性圧力トランスデューサが得られる。

したがって、このトランスデューサでは共通導電板を有する水晶基板の間に多数のコンデンサが形成される。共通の導電板は向き合う信号板への全ての信号入力を代数的に組合わせる要素を構成する。この加算はトランスデューサの内部で行な

われるからノイズの影響を受けることが少ない。

好適な実施例においては、トランスデューサ上に形成されるコンデンサの数は4個である。前記特許出願に開示されている測定装置で用いられている2個のトランスデューサを1個のトランスデューサで置き換えることができるように、2個の感圧トランスデューサと、圧力をあまり感じない2個の基準コンデンサが設けられる。

このようにして水晶容量性トランスデューサを作ることにより、前記特許出願に開示されている高精度圧力測定装置に必要な4個のコンデンサを得るのに必要な水晶ダイアフラムの数と、附着作業の数を減少させることができる。2個のトランスデューサの代りにただ1個のトランスデューサを作ればよいから、作業コストと材料のコストが低減される。また、得られる測定装置は小型軽量となる。

より重要なことは、この種のトランスデューサの圧力対容量カーブの勾配を変化させる製作変量が完全に一致させられることである。2個のトランスデューサの間で極の間隔、フリットの半径、ダイアフラムの厚さを一致させる必要はない。本発明のトランスデューサでは4枚の信号板の全てが同じ水晶円板の上に配置されて、反対側の水晶円板上に配置されている共通極板に向き合うから、それらの変量は完全に一致させられる。すなわち、それらの変量は同一となる。これにより、トランスデューサの圧力対容量カーブから製作変量がなくされるために、トランスデューサを2個用いる装置で用いられていた経費のかさむ一致技術に頼る必要はなくなった。

更に、共通極板はトランスデューサの内部で全ての信号を1つの出力信号すなわち誤差信号にまとめるから、圧力測定装置で干渉またはノイズによりひずみが発生されるおそれは少なくなる。また、トランスデューサを1個用いる装置では、トランスデューサの内部しやへいと外部しやへいは一層容易となる。外部しやへいを行なうためにトランスデューサの周囲に外部接地シールドが設けられ、内部では共通の導電性分離部材が信号コンデンサの極板をしやへいする。

また、1つの表面にコンデンサ極板を設けることにより、各コンデンサの容量を正しい値に調整することばかりでなく、前記特許出願で必要であ

った比の調整も一層容易なやり方で行なうことができる。校正段階では、希望の特性を得るために、トランスデューサを組立てた後でレーザを使用できる。これにより、従来のトランスデューサでは行なわねばならなかった面倒な零調整とスパン調整が解消される。

以下、図面を参照して本発明を詳細に説明する。

第1図には前記特許出願に開示されている従来の圧力測定装置であつて、その装置は水晶容量性検出トランスデューサ12と、水晶容量性帰還トランスデューサ10を含む。トランスデューサを2つ用いる圧力測定装置は前記特許出願に詳しく説明されている。各トランスデューサ10, 12は感圧コンデンサCs, Csfと、圧力をあまり感じないコンデンサCr, Crfを含む。検出トランスデューサ12には交流信号発生器24から同相信号Vrと逆相信号-Vrが与えられ、チャンバ13の中の圧力Paに比例する電流Isを生ずる。この電流Isとトランスデューサ10の出力電流である帰還電流Ifが加算点14へ与えられ、そこで両方の電流の差がとられて誤差電流Ieを生ずる。この誤差電流Ieは帰還ループ16により処理される。この帰還ループ16はデジタル数Nを発生する。誤差電流Ieの積分であるデジタル数Nはレジスタ18へ帰還される。このレジスタ18はそのデジタル数Nを乗算デジタル-アナログ変換器(MDAC)20へ送る。MDAC20は反転された励振信号-Vrも受けて信号-Vr_{fm}を発生する。このMDAC20の出力は位相が励振信号-Vrと同相で、振幅がデジタル数Nの関数である交流信号である。MDAC20の出力はコンデンサCsfへそのまま与えられるとともに、反転増幅器22により位相を反転されてからコンデンサCrfへ与えられる。帰還コンデンサCsf, Crfの出力は加え合わされて帰還電流Ifを生ずる。

前記特許出願においては、デジタル数Nを段階的に変えて帰還電流Ifと感圧電流Isを平衡させるために誤差電流Ieが用いられる。誤差電流Ieが零になるとチャンバ13内の圧力を表すデジタル数Nが生ずる。更に、水晶容量性トランスデューサ10を用いて帰還電流Ifを圧力の関数にすると、低い圧力でデジタル数Nの圧縮が起こることが知られている。これにより、同じ圧力測定精度を得る

のに必要とするビット数が少ない一層有利な装置を得ることができ、装置のスリュー率 (slur rate) が良く制御される。

第1図に示す装置の希望の特性応答を第2図にグラフで示す。このグラフではデジタル数Nは圧力Pの関数として示されている。このグラフから、低い圧力の時の方が高い圧力の時よりも、圧力の変化量に対するデジタル数Nの変化が大きいことがわかる。デジタル数Nと圧力Pの関係を示すカーブ21の勾配 dN/dP は最初は大きく、圧力が最高測定圧 P_2 に接近するにつれて徐々に小さくなる。したがって、圧力目盛に低圧部でデジタル数が圧縮されるから、圧力が低い時の圧力測定の精度が高い。

本発明は、コンデンサ C_s 、 C_r 、 C_{sf} 、 C_{rf} に類似する4個のコンデンサを含む1個の水晶容量性トランスデューサによりトランスデューサ10と12の機能を行なわせるものである。それら4個のコンデンサが第1図に示されているコンデンサの接続と同じに接続された時に、装置のデジタル数Nと圧力Pの関係が第2図に示されている関係にほぼ相応するように、それら4個のコンデンサは作られる。

このトランスデューサは第3、4、5図に素子26として示されている。それらの図には、カプセル形トランスデューサを加圧されている環境の中に装置するための技術が示されている。それらの図には共通のプリント回路板28が示されている。このプリント回路板28には、トランスデューサ26の装着スペース用として全体として円形の開口部が切り抜かれている。トランスデューサ26と開口部の周囲には、向き合う2個のコブ形ケーシング部材32と34により密閉された圧力チャンバが形成される。上部ケーシング部材32は被測定圧源に連結するためのポート30を有する。このポート30は適当な任意の導管により圧力源の圧力を受けることができる。

トランスデューサ26は全体としてC形の3個の保持クランプ40、42、44により密閉チャンバの中に設置される。トランスデューサ26の上に等しい角度で互いに隔てられて配置されるそれらの保持クランプはなるべく弾性材料で作る。ケーシング部材32、34が組立てられた時に、クランプ40、42、44はその中央と取り付け溝

の所が少し圧縮された状態でカプセル26を保持する。トランスデューサ26はそれらの保持クランプの中で浮動し、密閉チャンバの中の圧力にさらされる。ケーシング部材に設けられている輪状スロットの中にはめ込まれているOリング36、38により、圧力チャンバの流体シールがケーシング部材32、34の周囲に保たれる。

プリント回路板28の処理回路(図示せず)はトランスデューサの端子46、48、50、52、54、56、72によりトランスデューサ26に接続される。それらの端子46、48、50、52、54、56、72はジャンパ線により端子片58、60、64、66、68、62、70にそれぞれ接続される。端子に接続できるようにするために、水晶円板に切れ目93、95、97が設けられる。処理回路はなるべく第1図に示されている圧力測定装置にする。第6図に示されているトランスデューサ26の回路図は、感圧コンデンサ C_s と、圧力をあまり感じない基準コンデンサ C_r と、感圧帰還コンデンサ C_{sf} と、圧力をあまり感じない帰還基準コンデンサ C_{rf} とを含むことが示されている。

端子46、50、52、54はコンデンサの別々の極板すなわち信号極板に接続され、端子72は1つの共通極板に接続される。端子46、50、52、54に与えられる入力信号は信号極板と共通極板の間の容量の変化により変調される。それらの変調された入力信号は共通極板で加え合わされて1つの出力信号を形成する。その出力信号は端子72に現われる。

以上の説明から、トランスデューサ26は、第1図に示す装置の圧力トランスデューサ10、12と加算点14との代りに用いることができることが容易にわかる。したがって、入力端子52、54へは信号発生器24から励振信号 V_r と $-V_r$ がそれぞれ与えられる。同様に、トランスデューサ入力端子50へはMDAC20の出力が与えられ、入力端子46へはMDAC20の出力が反転増幅器22により反転されて与えられる。共通極板に接続されている出力端子72は4つの振動電流の和を受けて誤差電流 I_e を生ずる。したがって、1個のトランスデューサ26は第1図に示されている2個のトランスデューサと等しい。

また、トランスデューサ26には外部接地シー

ルド 55 (第 6 図) が設けられる。このシールド 55 は端子 56 に接続される。この外部接地シールド 55 はトランスデューサの外部からの漂遊電磁波と干渉をアースへ短絡するために設けられる。同様に、極板の間に内部接地シールド 57 (第 6 図) が設けられる。トランスデューサ 26 の中には全部で 4 個のコンデンサが設けられ、それらのコンデンサは振動電流により励振されるから、コンデンサ間にある種の干渉が生じがちである。内部シールド 57 はこの望ましくない内部干渉を遮ぎつて、それをアースへ短絡するように機能する。したがって、端子 48, 56 は圧力測定回路内で信号アースとシャーシ・アースのいずれかに接続される。

ここで第 4 図と第 5 図を参照して、外部接地シールド 55 はトランスデューサ 26 の頂部と底部に蒸着またはスクリーン技術で付着された導電性パターンで構成される。トランスデューサ 26 の頂部に形成された導電性パターンが第 4 図に参照番号 76 で示されており、トランスデューサの底部に形成された導電性パターンを第 5 図に参照番号 78 で示す。パターン 76 はトランスデューサ 26 の頂部をほぼ覆い、端子 56 にはんだづけされる。基本的には、一対の弧状窓 80, 82 を除いて、パターン 78 の形と同じ形のパターンをトランスデューサの反対側に形成する。上記窓 80, 82 は、トランスデューサ内のコンデンサの信号極板をレーザで調整できるように、水晶円板に光学的に透明な開口部を設けられるようにするためのものである。窓 80, 82 の形は希望に応じて任意であるが、図示の形はここで説明している実施例にとつては好適なものである。導電性パターン 76, 78 は、はんだづけ点 74 と 84 を接続しているジャンパ線 75 に接続される。外部接地シールドはトランスデューサの外部を導電性パターンでほぼ囲んで、トランスデューサを干渉とノイズからしやへいする。

第 7 図はトランスデューサ 26 の断面図である。この図からトランスデューサの層状構造が良くわかる。第 1 の層は外部接地シールドのための導電性パターン 76 であつて、このパターン 76 は円板状の水晶基板 86 に付着されている。水晶基板 86 の内面に共通極板 94 がめつきされる。トランスデューサの端子への接続を容易にするた

めに水晶基板 86 の一部 93, 95 は切り込まれる。同様に、円板状の水晶基板 88 の内面には 4 つのコンデンサ信号極板に分割された電極 90 が付着される。水晶基板 88 の外面には導電パターン 78 がめつきされる。2 つの極板 90, 94 はある間隔をおいて互いに向き合わされ、4 個のコンデンサ Cr, Cs, Crf, Csf を構成する。輪状のスペーサ 92 が極板 90 と 94 の間隔を定めるとともに、トランスデューサ 26 の内部を基準圧に保つ密閉作用も行なう。一般に測定精度を高くするためには、スペーサと水晶基板 86, 88 とにより囲まれているチャンパの中をほぼ真空にすることが望ましい。なるべくなら、スペーサ 92 は水晶基板の熱膨張特性に類似する熱膨張特性を有するガラス質材料で作るようにする。

第 8 図には信号電極 90 が 4 つの部分に分割されている様子が示されている。それら 4 つの部分はコンデンサ Cr, Cs, Crf, Csf の形成に用いられる。電極 90 の分割は、最初に、端子を設けられた基本的な円形パターンで導電層を水晶基板に付着させることにより行なわれる。次に、レーザを用いてその導電層を、たとえば第 8 図に示すような形になるように、焼き切つてそれぞれ電氣的に連続した 4 つの領域に分離し、第 8 図に示すような形のコンデンサ極板を形成する。それらのコンデンサ極板は電極 94 により形成されている共通極板とともにトランスデューサのコンデンサを構成する。各極板はトランスデューサの端子 46, 48, 50, 52, 54 に導電路により接続される。たとえば、導電路 96, 98, 100, 102 が端子 46, 50, 52, 54 を基板領域 Crf, Csf, Cs, Cr にそれぞれ接続する。端子リード 48 は、各極板領域を囲んでそれらの極板領域を互いに分離する導電路 104 と電氣的に連続である。導電路 104 は内部接地シールドを構成して、隣接する極板領域からの電磁干渉を遮断することにより、トランスデューサ内部の干渉を阻止する。

第 9 図に示されているように共通極板 94 と端子 72 の接続を容易に行なえるようにするために、水晶板 88 の一部 97 が切り落とされる。

このような構成により、各信号極板はある間隔をおいて共通極板から分離され、共通極板とともにコンデンサを構成する。各コンデンサの容量の

圧力対容量特性は信号極板の面積と、その形と、水晶基板の中心に対する位置とにより決定される。信号極板の面積は基準圧力におけるコンデンサの最初の容量を決定し、その信号極板の形と位置はコンデンサの動的な特性を決定する。圧力が加えられると水晶基板の中心部が最も大きく偏り、中心から離れるにつれて偏りは小さくなるから、容量の変化は中心に近い信号極板の部分が大きい。

一般に、電極 90 の分割された信号極板は 2 つの領域で構成される。第 1 の領域は全体として円形状の中心内部領域であり、第 2 の領域は全体として環状の外部領域である。中央へ向うにつれて水晶基板すなわち水晶ダイアフラムの偏りが大きいから、2 個の感圧コンデンサ C_{sf} , C_s は中央領域を占める。各感圧コンデンサは、感圧コンデンサ C_s が半円形の部分 106 を含んでいる正確な中心部を除き、中央領域のほぼ半分を占める。

環状の外部領域は形が次第に大きくなるほぼ等しい面積の 2 つの領域に分割される。それら 2 つの領域は基準コンデンサ C_{rf} , C_r のために用いられる。外部領域は中央領域よりも圧力で変形されにくいから、感圧コンデンサ C_{sf} , C_s と比較して基準コンデンサは圧力をあまり感じない。

各コンデンサ C_s , C_{sf} , C_r , C_{rf} の実際の容量が圧力の関数としてどのように変化するかを第 10, 11 図に示す。これらの図から、感圧コンデンサ C_s , C_{sf} は圧力に比例して増大する容量特性カーブ 100', 106' を有し、基準コンデンサ C_r , C_{rf} はあまり圧力を感ぜない特性カーブ 102', 108 を有することがわかる。基準コンデンサ・カーブから感圧コンデンサ・カーブの差をとるとカーブ 104', 110 が得られる。それら 2 つのカーブ 104, 110 は、トランスデューサ 26 が第 1 図に示す測定装置において接続された時に、希望の伝達関数の分子と分母をそれぞれ形成する。

前記特許出願により述べられているように、定常状態における圧力測定装置の伝達関数は次式に等しい。

$$N = \frac{C_s - C_r}{C_{sf} - C_{rf}} N_{\max}$$

被測定圧が低い時にデジタル数を希望に応じて圧縮するために、圧力の関数としてのデジタル数

N は第 2 図に示すカーブ 21 として変化しなければならない。第 2 図から、 dN/dP は圧力指示目盛の低い部分では大きく、圧力が高くなるにつれて小さくなることがわかる。したがって、目盛板の低い部分ではより大きなデジタル数を利用できるから圧力測定の精度が高くなる。帰還コンデンサ C_{sf} , C_{rf} の最初の差 (点 112) は帰還電流の最小部分を表すから、装置の最高測定精度を設定する。その後で、圧力が高くなるにつれて、帰還増分がカーブ 110 に従って大きくなる。

しかし、増加カーブ 21 を伝達関数から得るためには、圧力が上昇するにつれて分子 $C_s - C_r$ を分母 $C_{sf} - C_{rf}$ よりも速く増大させることが必要である。これは、圧力が高くなった時に、コンデンサ C_{sf} を表すカーブ 106' よりも速く増大するコンデンサ C_s を表すカーブ 100' により行なわれる。ここで再び第 8 図を参照して、この作用を行なうのはコンデンサ C_s の半円形部分 106 である。その理由は、水晶円板の偏れが最大である中心部にその余分の領域が正しく位置させられるからである。この作用は、部分 106 が突き出ているコンデンサ C_{sf} の切り落し部分のために強められる。中央部分 106 の半径を変えてこの変化を制御できる。

また、トランスデューサの製作時にはコンデンサ C_s と C_{sf} の容量を、コンデンサ C_r の容量にほぼ等しくし、コンデンサ C_{rf} の容量より少し大きくすべきである。それらの容量は水晶基板 88 上の個々の極板を得るための切断部の半径と、各極板の弧の扭がりを変えることにより得られる。

組立が終わつたら、接地シールドの窓 80, 82 からレーザ光を照射して基準コンデンサ C_r , C_{rf} の容量を調整し、第 2 図に示す正確なカーブ 21 を得ることができる。圧力が P_1 の時は、 $C_s = C_r$ となるようにコンデンサ C_r を調整して装置に零点を与える。圧力が P_2 の時は、 $C_s - C_r = C_{sf} - C_{rf}$ となるようにコンデンサ C_{rf} を調整して、フルスケール圧力 P_2 が最大デジタル数 N_{\max} により表されるように、 C_1 の時に値が 1 となる伝達関数を与える。

図面の簡単な説明

第 1 図は水晶容量性トランスデューサを 2 個用いる従来の圧力測定装置のブロック図、第 2 図は第 1 図に示す圧力測定装置のデジタル出力数と圧

15

力の関係を示すグラフ、第3図は本発明の水晶容量性トランスデューサのとりつけ構造を示す断面側面図、第4図は第3図に示す水晶容量性トランスデューサのとりつけ構造をケーシング部材を除いて示す上面図、第5図は第3図に示す水晶容量性トランスデューサのとりつけ構造をケーシング部材を除いて示す底面図、第6図は第3図乃至第5図に示す水晶容量性トランスデューサの電気回路図、第7図は第3図乃至第5図に示す水晶容量性トランスデューサの横断面図、第8図は上部水晶円板を除去して示す第7図に示されている水晶容量性トランスデューサの上面図、第9図は下部

16

の水晶円板を除去して示す第7図および第8図に示されている水晶容量性トランスデューサの底面図、第10図は第7図乃至第9図に示すトランスデューサのコンデンサ C_s 、 C_r の容量変化と圧力の関係を示すグラフ、第11図は第7図乃至第9図に示すトランスデューサのコンデンサ C_{sf} と C_{rf} の容量変化と圧力の関係を示すグラフである。

28……トランスデューサ、46, 50, 52, 54……入力端子、57, 104……内部シールド、72……出力端子、86, 88……水晶基板(円板)、94……共通極板。

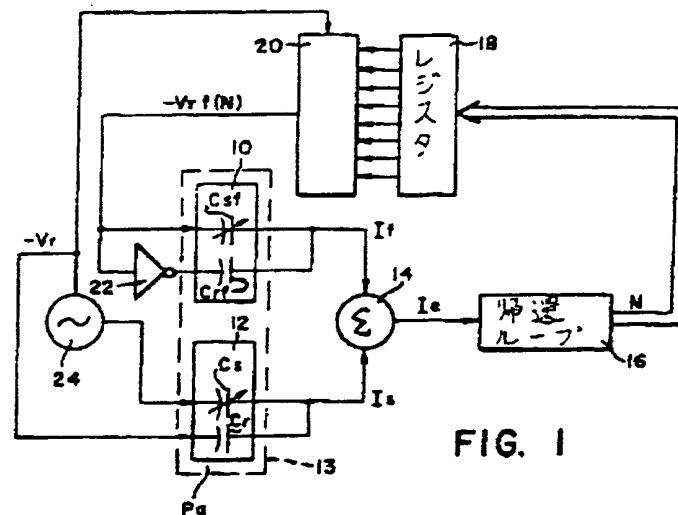


FIG. 1

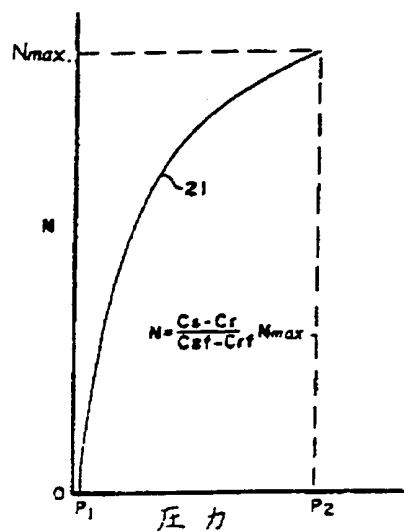


FIG. 2

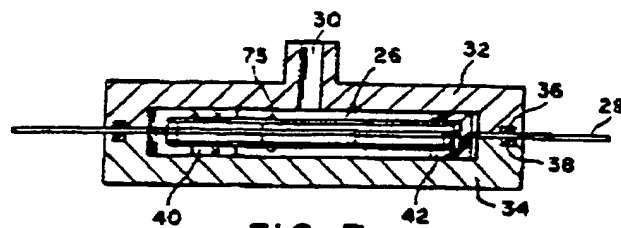


FIG. 3

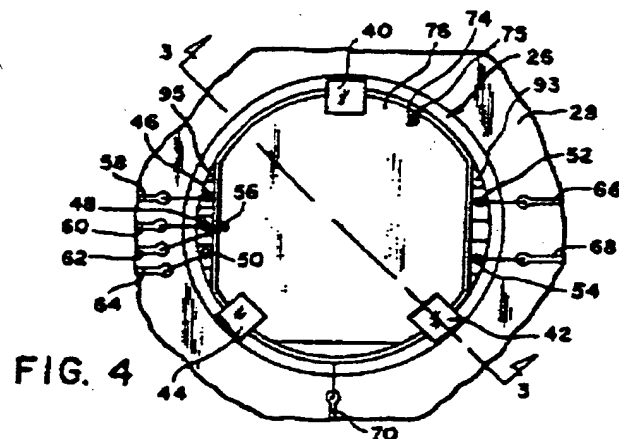


FIG. 4

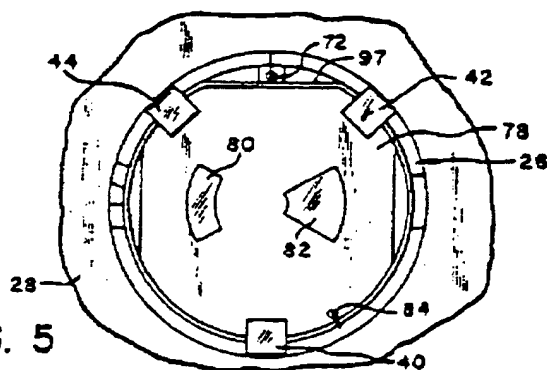


FIG. 5

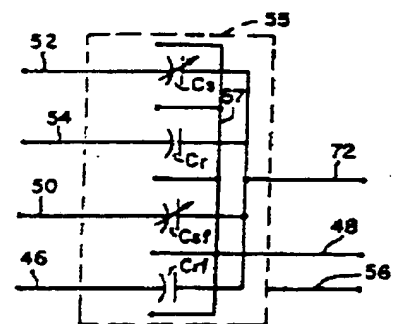


FIG. 6

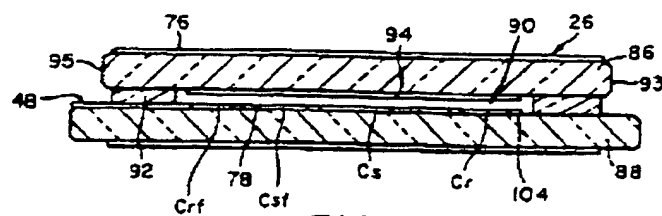


FIG. 7

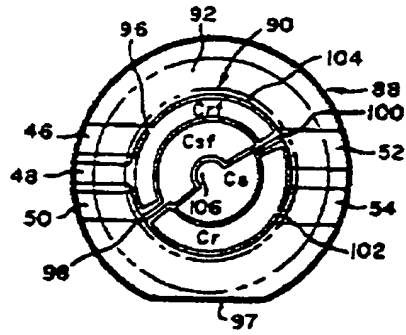


FIG. 8

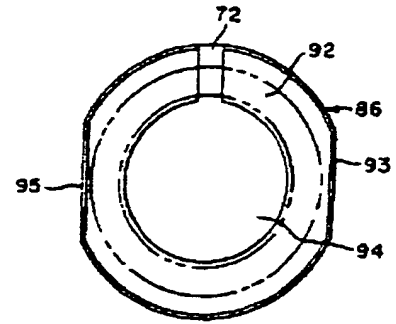


FIG. 9

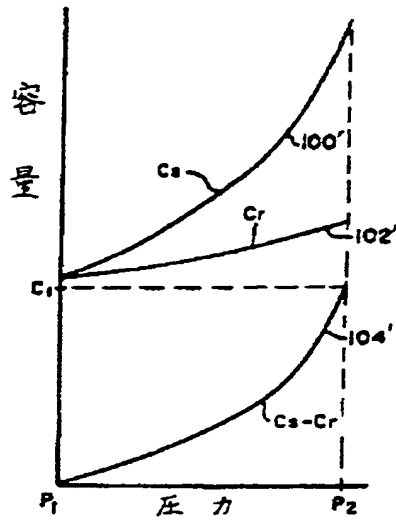


FIG. 10

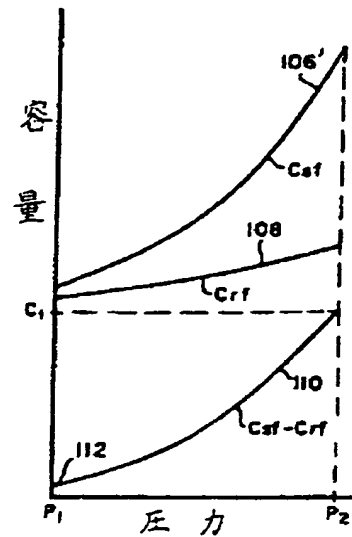


FIG. 11